

12. 2772



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑩ DE 101 56 441 A 1

⑤1 Int. Cl. 7:
H 01 L 21/324
H 01 L 21/68

⑳ Aktenzeichen: 101 56 441.4 ✓
㉔ Anmeldetag: 16. 11. 2001 ✓
㉕ Offenlegungstag: 21. 11. 2002

PCJ

56-18659

DE 101 56 441 A 1

⑥6 Innere Priorität:
101 24 647. 1 ✓ 18. 05. 2001 ✓
⑦1 Anmelder:
Mattson Thermal Products GmbH, 89160
Dornstadt, DE
⑦4 Vertreter:
WAGNER & GEYER Partnerschaft Patent- und
Rechtsanwälte, 80538 München

⑦2 Erfinder:
Pelzmann, Arthur, Dr., 89312 Günzburg, DE;
Drechsler, Martin, Dr., 87700 Memmingen, DE;
Nieß, Jürgen, Dr., 89567 Sontheim, DE; Grandy,
Michael, 89250 Senden, DE; Chung, Hin Yiu, Dr.,
89075 Ulm, DE; Mantz, Paul, 89584 Ehingen, DE;
Graf, Ottmar, 88368 Bergatreute, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

- ⑤4 Vorrichtung zur Aufnahme von scheibenförmigen Objekten und Vorrichtung zur Handhabung von Objekten
- ⑤7 Eine Vorrichtung zur Aufnahme von scheibenförmigen Objekten, vorzugsweise Halbleiterwafern, zu deren thermischer Behandlung ermöglicht das Prozessieren insbesondere von Wafern aus Verbindungshalbleitern in besonders einfacher Weise, mit hoher Produktivität und geringem Schadensrisiko, wenn ein Träger wenigstens zwei Ausnehmungen zur Aufnahme jeweils eines Objekts aufweist. Die Ausnehmungen auf dem Träger sind vorzugsweise mit Abdeckungen abdeckbar. Zum Be- und Entladen sind vorzugsweise Stützstifte vorgesehen, wobei der Träger und die Stützstifte relativ zueinander in vertikaler Richtung bewegbar sind. Weiterhin ist eine Handhabungsvorrichtung für Objekte angegeben.

DE 101 56 441 A 1

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Aufnahme von scheibenförmigen Objekten, vorzugsweise Halbleiterwafern, zu deren thermischer Behandlung. Die Erfindung betrifft weiterhin eine Handhabungsvorrichtung für Objekte.

[0002] Zur industriellen Fertigung elektronischer Bauteile werden Halbleitermaterialien von scheibenförmiger Gestalt, sogenannte Wafer, thermischen Behandlungen unterzogen. Insbesondere thermisches Prozessieren von Objekten, wie Wafern, mittels Schnellheizanlagen, auch RTP-Anlagen (Rapid Thermal Processing) genannt, drängt immer mehr in den Vordergrund. Hauptvorteil von RTP-Anlagen ist deren hoher Durchsatz, der sich auf der Möglichkeit gründet, die Wafer sehr schnell aufzuheizen. Heizraten von bis zu 300°C/s können in RTP-Anlagen erreicht werden.

[0003] Eine RTP-Anlage besteht im wesentlichen aus einer transparenten Prozeßkammer, in der ein zu prozessierender Wafer auf geeigneten Haltevorrichtungen angeordnet werden kann. Daneben können neben dem Wafer auch diverse Hilfselemente wie z. B. eine lichtabsorbierende Platte, ein den Wafer umfassender Kompensationsring oder eine Rotations- oder Kippvorrichtung für den Wafer in der Prozeßkammer angeordnet sein. Die Prozeßkammer kann über geeignete Gaszu- und abflüsse verfügen, um eine vorgegebene Atmosphäre innerhalb der Prozeßkammer, in der der Wafer prozessiert werden soll, herstellen zu können. Geheizt wird der Wafer von einer Heizstrahlung, die von einer Heizvorrichtung ausgeht, die sich entweder oberhalb des Wafers oder unterhalb des Wafers oder beidseitig befinden kann und aus einer Vielzahl von Lampen, Stab- oder Punkt-lampen oder einer Kombination davon aufgebaut ist. Die gesamte Anordnung kann von einer äußeren Kammer umfaßt werden, deren Innenwände ganz oder wenigstens teilweise verspiegelt sein können.

[0004] In alternativen RTP-Anlagen wird der Wafer auf einer Heizplatte oder Suszeptor abgelegt und über einen thermischen Kontakt mit diesem Suszeptor vom Suszeptor geheizt.

[0005] Bei Verbindungshalbleitern wie z. B. III-V- oder II-IV-Halbleitern wie beispielsweise GaN, InP, GaAs oder ternären Verbindungen wie z. B. InGaAs oder quaternären Verbindungen wie InGaAsP besteht allerdings das Problem, daß in der Regel eine Komponente des Halbleiters flüchtig ist und bei Erwärmung des Wafers aus dem Wafer ausdampft. Es entsteht überwiegend im Randbereich solcher Wafer eine Verarmungszone mit erniedrigter Konzentration der ausgedampften Komponente. Die Folge ist eine Veränderung der physikalischen Eigenschaften wie beispielsweise der elektrischen Leitfähigkeit des Wafers in diesem Bereich, die den Wafer zur Herstellung von elektrischen Bauteilen unbrauchbar machen können.

[0006] Aus den beiden auf die Anmelderin zurückgehenden Druckschriften US 5 872 889 A und US 5 837 555 A ist es bekannt, Wafer aus Verbindungshalbleitern zur thermischen Behandlung in einem geschlossenen Behältnis aus Graphit anzuordnen. Graphit eignet sich wegen seiner Stabilität bei hohen Temperaturen besonders gut für solche Behältnisse. Der Wafer wird dabei auf einem Träger abgelegt, der über eine Ausnehmung zur Aufnahme des Wafers verfügt. Über die Ausnehmung wird eine deckelartige Abdeckung gelegt, so daß ein geschlossener Raum entsteht, in dem sich der Wafer befindet. Dieses den Wafer beinhaltende Graphitbehältnis wird in der Prozeßkammer einer RTP-Anlage einer thermischen Behandlung unterzogen. Auf diese Weise wird ein Ausdiffundieren einer Komponente des Verbindungshalbleiters unterdrückt und der Wafer kann schadens-

frei prozessiert werden.

[0007] Das beschriebene Graphitbehältnis wird überwiegend zur Prozessierung von Wafern eines Verbindungshalbleiters mit Durchmessern von 200 mm und 300 mm verwendet. Sehr verbreitet sind aber auch Wafer von Verbindungshalbleitern mit kleinen Durchmessern von 50 mm, 100 mm oder 150 mm.

[0008] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Vorrichtung zu schaffen, mit der Wafer aus Verbindungshalbleitern auf einfache Weise und mit hoher Produktivität schadensfrei prozessierbar sind.

[0009] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch einen Träger mit wenigstens zwei Ausnehmungen zur Aufnahme von jeweils einem Wafer gelöst. Mit solchen Trägern lassen sich mehrere Wafer simultan prozessieren. Dies bedeutet gegenüber den bekannten Behandlungsverfahren eine erhebliche Erhöhung des Durchsatzes einer RTP-Anlage und stellt einen bedeutenden wirtschaftlichen Vorteil dar.

[0010] Gemäß einer besonders vorteilhaften Ausführungsform weist die erfindungsgemäße Vorrichtung wenigstens eine Abdeckung zum Abdecken wenigstens einer Ausnehmung auf, um einen im wesentlichen abgeschlossenen Raum um die Objekte herum vorzusehen.

[0011] Beispielsweise ist eine einzige große Abdeckung möglich, die alle Ausnehmungen des Trägers mit den darin enthaltenen Wafern überdeckt. Alternativ dazu kann auch jede Ausnehmung von individuellen Abdeckungen abgedeckt werden. Es ist auch möglich, daß eine der Abdeckungen beliebig viele Ausnehmungen gleichzeitig, jedoch mehr als eine und nicht alle, abdeckt, oder es kann eine beliebige Anzahl der Ausnehmungen individuell abgedeckt werden und ein verbleibender Rest der Ausnehmungen verbleibt nicht abgedeckt. Eine solche Abdeckung kann mit anderen Abdeckungen ähnlicher Art sowie mit individuellen Abdeckungen für jeweils eine Ausnehmung und nicht abgedeckten Ausnehmungen beliebig kombiniert werden.

[0012] Vorzugsweise ist der die Ausnehmungen aufweisende Träger aus Graphit, Saphir, Quarz, Bornitrid, Aluminiumnitrid, Silicium, Siliciumcarbid, Siliciumnitrid, Keramik oder Metall gefertigt. Entsprechend kann wenigstens eine der Abdeckungen aus Graphit oder Saphir oder Quarz oder Bornitrid oder Aluminiumnitrid oder Silicium oder Siliciumcarbid oder Siliciumnitrid oder Keramik oder Metall gefertigt sein. Es können aber auch sowohl der Träger als auch wenigstens eine oder alle der Abdeckungen aus den genannten Materialien bestehen.

[0013] Vorteilhaft sind für RTP-Prozesse Träger mit wenigstens einer Abdeckung, die eine niedrige spezifische Wärmekapazität, vorzugsweise 0,2 bis 0,8 J/gK, des Trägers und/oder wenigstens einer Abdeckung aufweisen. Aus diesem Grund sollte der Träger über eine möglichst geringe Dicke verfügen.

[0014] Ebenso sind Träger mit wenigstens einer Abdeckung von Vorteil, bei denen der Träger und/oder wenigstens eine der Abdeckungen eine hohe Wärmeleitfähigkeit, vorzugsweise 10 bis 100 W/mK, aufweisen.

[0015] Bevorzugt sind wenigstens Teile des Trägers oder Teile einer der Abdeckungen oder Teile des Trägers und Teile einer der Abdeckungen beschichtet. So kann es beispielsweise von Vorteil sein, eine Innenfläche einer oder aller Ausnehmungen sowie eine die Ausnehmung abdeckenden Fläche einer oder mehrerer Abdeckungen wenigstens teilweise mit einer Schicht zu versehen, die inert ist gegen chemische Vorgänge, die sich beim Prozessieren des Wafers innerhalb der abgedeckten Ausnehmungen abspielen, während äußere Flächen des Trägers unbeschichtet bleiben, um gewünschte Absorptionseigenschaften bezüglich der Heizstrahlung aufzuweisen. In anderen Fällen lassen sich bei-

spielsweise lokale optische Eigenschaften von Träger und Abdeckungen durch geeignete gebietsweise Beschichtungen der Oberflächen erreichen.

[0016] Entsprechend kann es von Vorteil sein, wenigstens Teile des Trägers oder Teile wenigstens einer der Abdeckungen oder Teile des Trägers und Teile wenigstens einer der Abdeckungen transparent für die Heizstrahlung zu gestalten, indem man diese beispielsweise aus Quarz oder Saphir fertigt. Vorteilhafterweise werden die Abdeckungen sowie Teile des Trägers, die den Bodenflächen der Ausnehmungen entsprechen, undurchlässig für die Heizstrahlung ausgeführt, während die anderen Teile des Trägers transparent sind.

[0017] Ferner ist es möglich, innerhalb abgedeckter Ausnehmungen vorbestimmte Atmosphären zu erzeugen. Je nach Art des zu prozessierenden Wafers, kann in jeder abgedeckten Ausnehmung eine andere Atmosphäre vorherrschen. Wird beispielsweise in wenigstens einer ersten Ausnehmung ein InP-Wafer prozessiert, so wird eine phosphorhaltige Atmosphäre in der Ausnehmung vorherrschen. In wenigstens einer zweiten Ausnehmung, in der ein GaAs-Wafer prozessiert werden soll, kann eine arsenhaltige Atmosphäre vorherrschen. Schließlich kann in wenigstens einer dritten, optional nicht abgedeckten Ausnehmung, ein Wafer prozessiert werden, der aus Silicium, also keinem Verbindungshalbleiter, besteht.

[0018] Wenigstens einige der vom Träger aufgenommenen Wafer können wenigstens teilweise beschichtet sein. Es kann aber auch das Volumenmaterial wenigstens eines der Wafer gebietsweise unterschiedlich sein, indem der Wafer beispielsweise über eine implantierte Schicht verfügt.

[0019] Der erfindungsgemäße Träger für mehrere Wafer, die gemeinsam in einer Prozeßkammer einer thermischen Wärmebehandlung unterzogen werden, ermöglicht, während desselben Prozeßvorganges mit demselben Verlauf der Heizstrahlung für jeden Wafer unterschiedliche Prozeßergebnisse zu erzielen. Je nach Beschichtung oder Transparenz lokaler Gebiete des Trägers und/oder der entsprechenden Abdeckung lassen sich lokal unterschiedliche optische Gegebenheiten erreichen, die zu unterschiedlichen Temperaturen im Inneren der abgedeckten Ausnehmungen führen. Jeder Wafer erfährt somit eine individuelle Prozeßtemperatur, obwohl für alle Wafer der Verlauf der Heizstrahlung derselbe ist. Es lassen sich also mit einem Prozessierungsvorgang nicht nur mehrere Wafer simultan behandeln, die Wafer können dabei sogar unterschiedlichen Prozessen unterzogen werden. Das bedeutet, daß sich Wafer aus verschiedenen Materialien gleichzeitig behandeln lassen.

[0020] Vorzugsweise verfügen die Ausnehmungen im Träger über die gleiche Tiefe, so daß die Wafer nach Beladen des Trägers alle parallel auf derselben Ebene angeordnet sind.

[0021] Es kann aber auch von Vorteil sein, die Tiefen der Ausnehmungen unterschiedlich auszuführen. In diesem Fall liegen die Wafer zwar immer noch parallel, sind aber in der Höhe gegeneinander versetzt und liegen auf verschiedenen Ebenen.

[0022] Bei zylinderförmigen Ausnehmungen mit flachem, waagrechttem Boden, kommen die Wafer flächig auf dem Boden der Ausnehmung zu liegen.

[0023] Vorteilhafterweise wird eine Halterung der Wafer innerhalb wenigstens einer Ausnehmung gewählt, bei der ein Kontakt zwischen Wafer und dem Boden der Ausnehmung vermieden wird. Dies erreicht man vorteilhaft durch in der Ausnehmung angeordnete stiftförmige Stützelemente, von denen der Wafer aufgenommen wird. Dann lassen sich die Wafer bei gleicher Tiefe der Ausnehmung aber unterschiedlicher Länge der Stützelemente auf unterschiedlich

hohen Ebenen anordnen.

[0024] Eine andere bevorzugte Möglichkeit, den Wafer so anzuordnen, daß ein Kontakt mit dem Boden der Ausnehmung vermieden wird, ist den Wafer in seinem Randbereich zu stützen. Dies erreicht man, indem wenigstens eine Ausnehmung konisch nach innen zulaufend ausgebildet ist. Es wird dadurch ein nach innen abgeschrägter Rand der Ausnehmung erreicht, der zu einer Randauflage eines Wafers führt. Bei einer anderen Ausführungsform ist wenigstens eine Ausnehmung konkav ausgebildet, was wiederum dazu führt, daß der Wafer mit seinem Rand auf dem Rand der Ausnehmung gelagert wird. Je nach Ausformung der konischen und der konkaven Ausnehmungen, läßt sich der Wafer auf unterschiedlichen Höhen ablegen.

[0025] Zum Beladen des Trägers werden die Wafer vorteilhaft mit einem Greifer sequenziell direkt in die Ausnehmungen oder auf Stützstiften abgelegt. Hierzu eignen sich Greifer mit Ansaugvorrichtungen, die den Wafer ansaugen. Dies kann mittels einer Ansaugvorrichtung erfolgen, die nach dem Bernoulli-Prinzip arbeitet.

[0026] Vorteilhafterweise sind Stützstifte zum Beladen des Trägers vorgesehen, die vorzugsweise durch den Träger hindurchragen. Diese Stützstifte sind vorteilhaft für verschiedene Ausnehmungen unterschiedlich hoch ausgebildet, um ein Beladen der vom Greifer abgewandten Ausnehmungen nicht durch die Stützstifte, die zum Beladen der dem Greifer zugewandten Ausnehmungen vorgesehen sind, zu behindern.

[0027] Entsprechend können die Abdeckungen auf Stützstiften abgelegt werden, die entweder durch den Träger hindurchverlaufen oder gänzlich außerhalb des Trägers angeordnet sind. Vorteilhafterweise sind die Stützstifte für die Abdeckungen länger als die Stützstifte für die Wafer.

[0028] Vorzugsweise sind die Stützstifte und der Träger relativ zueinander vertikal bewegbar.

[0029] Sobald die Wafer auf den Stützstiften abgelegt sind, bewegen sich die Stützstifte nach unten durch den Träger durch, wodurch die Wafer von den Stützstiften abgehoben werden und in den ihnen zugeordneten Ausnehmungen abgelegt werden. Alternativ dazu läßt sich auch der Träger nach oben bewegen.

[0030] Eine anderes bevorzugtes Verfahren zur Beladung des Trägers dreht den Träger sequenziell um eine vertikale Achse, um jeweils die zu beladende Ausnehmung zum Greifer hin zu drehen.

[0031] Sobald der Träger mit den Wafern beladen ist, können die entsprechenden Abdeckungen vom Greifer entweder direkt auf dem Träger oder auf Stützstiften aufgelegt werden, sofern sie nicht schon vor den Wafern auf entsprechenden Stützstiften aufgelegt worden sind.

[0032] Vorzugsweise erfolgt ein Beladen des Trägers innerhalb der Prozeßkammer. Er kann aber auch außerhalb der Prozeßkammer beladen werden und anschließend zur thermischen Behandlung in die Prozeßkammer eingebracht werden.

[0033] Vorteilhafterweise lassen sich mehrere solcher Träger mit Abdeckung zum Beispiel übereinandergestapelt oder nebeneinandergelegt innerhalb einer Prozeßkammer thermisch behandeln.

[0034] Das Be- und Entladen des Trägers mit den Substraten und/oder Abdeckungen, erfolgt vorzugsweise mit einer automatischen Be- und Entlade-Einrichtung, die entsprechend den Be- und Entladevorgängen entsprechend steuerbar ist.

[0035] Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist vorzugsweise, jedoch nicht ausschließlich, für Wafer aus Verbindungshalbleitern mit vorwiegend kleinen Durchmessern besonders geeignet. Die thermische Behandlung der Halblei-

terwafer erfolgt vorzugsweise in RTP-Anlagen, in denen vorgegebene Umgebungsbedingungen und Temperaturverläufe einstellbar sind. Der Träger ist dabei bei den Umgebungsbedingungen und den Temperaturen während der Behandlung weitgehend stabil.

[0036] Halbleiterwafer, insbesondere Verbindungshalbleiter-Wafer, wie sie zuvor beschrieben wurden, sind relativ dünn und weisen Dicken von 50 bis 500 µm, und üblicherweise von 200 µm auf. Diese Wafer sind daher während der Handhabung sehr bruchgefährdet, so dass bei der herkömmlichen Handhabung per Hand oder mit Handhabungsvorrichtungen, wie Robotern usw., häufig Waferbrüche auftreten, die die Ausbeute bei der Halbleiterfertigung wesentlich verringern. Insbesondere bei Halbleiterwafern, die für teure Bauelemente, wie z. B. Leserdioden verwendet werden, ist dies besonders augenfällig, da ein Zwei-Zoll-Wafer hierfür einen Wert im Bereich von <XFF> 25.000 aufweist.

[0037] Wie zuvor bereits ausgeführt wurde, werden die Wafer in Behältnissen behandelt, die beispielsweise aus Graphit bestehen und zur Behandlung der Wafer in eine Prozeßkammer gebracht werden. Diese sogenannten Graphit-Boxen weisen ein Gewicht von 200 bis 2000 g auf, je nach der Anzahl und der Größe der in den Boxen unterzubringen den Wafern.

[0038] Sowohl die Wafer als auch die Behältnisse selbst werden bei derartigen Anlagen manuell gehandhabt, da es mit herkömmlichen Handhabungsvorrichtungen nicht möglich ist, einerseits die sehr dünnen, ein Gewicht im Bereich von 0,1 bis 20 g aufweisenden Halbleiterwafer und andererseits die demgegenüber schweren Behältnisse zu handhaben, ohne dass der Ausschuß an Waferbruch groß ist.

[0039] Der vorliegenden Erfindung liegt daher weiterhin die Aufgabe zugrunde, eine Handhabungsvorrichtung zu schaffen, mit der Objekte mit unterschiedlichem Gewicht sicher und zuverlässig handhabbar sind.

[0040] Die gestellte Aufgabe wird erfindungsgemäß bei einer Handhabungsvorrichtung mit wenigstens einem Transportarm, der wenigstens eine Halterungseinrichtung zum Halten von wenigstens einem zu handhabendem Objekt mittels Unterdruck aufweist, durch eine Unterdruck-Steuer-einrichtung zur Veränderung des Unterdrucks in Abhängigkeit vom Gewicht des Objekts gelöst.

[0041] Aufgrund des erfindungsgemäßen Merkmals, eine Unterdruck-Steuer-einrichtung vorzusehen, mit der der Unterdruck von Halterungseinrichtungen an Transportarmen in Abhängigkeit vom Gewicht des Objekts eingestellt, gesteuert oder geregelt werden kann, ist es nunmehr möglich, Objekte mit sehr unterschiedlichen Gewichten mit derselben Handhabungsvorrichtung zu transportieren und zu handhaben. Beispielsweise ist es mit der erfindungsgemäßen Handhabungsvorrichtung möglich, die Handhabung und den Transport von Wafern und Waferbehältnissen unter Vermeidung manueller Handhabungen vorzunehmen, und zwar derart, dass einerseits beispielsweise relativ schwere Behältnisse mit der gleichen Handhabungsvorrichtung wie die sehr dünnen, zerbrechlichen Wafer mit geringem Gewicht bei Vermeidung von Waferbruch gehandhabt werden können. Die erfindungsgemäße Handhabungsvorrichtung ermöglicht also beispielsweise sowohl das Be- und Entladen von Behältnissen in die bzw. aus der Prozeßkammer, als auch das Be- und Entladen der dünnen, zerbrechlichen Wafer in das bzw. aus dem Behältnis. Abgesehen davon, dass dadurch die Möglichkeit einer vollständigen Automatisierung des Prozessierens von Halbleitern insbesondere auch in Zusammenhang mit thermischen Behandlungen möglich ist, geschieht dies durch eine einzige Handhabungsvorrichtung, so dass die Anlagekosten dadurch gering gehalten werden können. Mit der durch die erfindungsgemäße Handhabungsvorrich-

tung möglich gewordene Prozeßautomatisierung wird die Fertigungsausbeute deutlich erhöht, da Waferbruch, wie er beim manuellen Be- und Entladen des Behältnisses und der Prozeßkammer häufig auftritt, vermieden oder zumindest wesentlich verringert wird. Eine Behandlungsanlage mit der erfindungsgemäßen Handhabungsvorrichtung amortisiert sich daher gegenüber herkömmlichen Behandlungsanlagen aufgrund des geringen Ausschusses und der schnellen und zuverlässigen Handhabung wesentlich früher, insbesondere, wenn die Anlage für die Fertigung sehr teurer Bauelement Verwendung findet.

[0042] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung umfaßt die Unterdruck-Steuer-einrichtung nur eine Unterdruck-Quelle und Unterdruck-Umschalt-einrichtungen, beispielsweise Leitungs-Umschalter, zum Umschalten zwischen einer Leitung mit und ohne Unterdruck-Regler. Auf diese Weise ist nur eine Unterdruck-Quelle erforderlich, wobei der Unterdruck-Regler vorzugsweise ein einstellbares Ventil ist. Eine alternative Ausführungsform besteht darin, wenigstens zwei getrennt steuerbare Unterdruck-Systeme vorzusehen.

[0043] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung liegt das Unterdruckverhältnis für die unterschiedliche Gewichte aufweisenden, zu handhabenden Objekte in einem Bereich von 10 bis 10.000. Dieses Unterdruck-Verhältnis hängt wesentlich von dem Gewichtsverhältnis der zu handhabenden Objekte und auch von der Ausbildung der Halterungseinrichtungen ab.

[0044] Gemäß einer sehr vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist ein Objekt mit kleinerem Gewicht ein Silicium-Halbleiterwafer und ein Objekt mit größerem Gewicht ein Behältnis, in dem sich die Wafer während wenigstens eines Behandlungsschritts befinden. Behältnisse dieser Art sind zuvor beispielsweise beschrieben worden.

[0045] Obgleich die Halterungseinrichtungen für Objekte mit unterschiedlichem Gewicht in derselben Weise ausgeführt sein können, ist es gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung jedoch vorteilhaft, die Halterungseinrichtungen für die unterschiedlichen Objekte, insbesondere für Objekte mit unterschiedlichem Gewicht, auch unterschiedlich auszubilden. Die Halterungseinrichtungen sind vorzugsweise sogenannte Pads oder Auflagekissen, die über eine Leitung mit einer Unterdruck-Quelle oder einem Vakuumsystem verbunden sind. Die einzelnen Halterungseinrichtungen oder Pads können dabei mit dem gleichen Unterdruck beaufschlagt werden, oder sie können auch mit jeweils unterschiedlichem Unterdruck versorgt werden, was in diesem Falle jedoch entsprechende Steuerelemente, wie zum Beispiel Ventile oder getrennte Vakuumsysteme erforderlich macht.

[0046] Die Halterungseinrichtungen sind dabei vorzugsweise an die unterschiedliche Gewichte aufweisende Objekte, beispielsweise auch an die Form und Oberflächenstruktur der Objekte angepaßt. Beispielsweise sind zum Halten des Behältnisses im allgemeinen größere Halteflächen erforderlich als zum Halten der leichten Wafer. Beispielsweise ist es vorteilhaft, für Wafer den Durchmesser der Halterungseinrichtungen oder Pads mit etwa 3 mm, oder die Fläche, auf die ein Unterdruck einwirkt, pro Pad mit etwa 0,1 cm² zu wählen. Die Form der Pads ist entsprechend den gegebenen Erfordernissen zu wählen, sie kann rund oder rechteckig oder in einer anderen Weise ausgebildet sein. Vorzugsweise sind die Pads jedoch rund, da hier das Verhältnis Fläche/Rand am größten ist und dadurch auch bei kleiner Saugleistung der Unterdruckquelle ein sicheres Halten des Objekts, beispielsweise des Wafers gewährleistet ist.

[0047] Damit ein Wafer mit einem Gewicht von beispielsweise 0,1 g bis 0,5 g sicher gehalten werden kann, muss die

durch die Pads erzeugte Anpreßkraft, mit der der Wafer gegen die Unterlage gedrückt wird, so groß sein, dass die aus der Anpreßkraft resultierende Reibungskraft größer ist als die durch Beschleunigung des Transportarms oder der Erdbeschleunigung erzeugten Kräfte, die auf das Objekt, beispielsweise den Wafer einwirken. Bei Wafers wird dies beispielsweise mittels eines Unterdrucks von etwa 0,005 bar (dies entspricht einem absoluten Druck von 0,995 bar) erzielt, wenn die auf den Wafer einwirkenden (horizontalen) Beschleunigungskräfte kleiner als 1 g sind. Dabei ist der Reibungskoeffizient zwischen Wafer und Auflage zu berücksichtigen, der wiederum von den Wafertemperaturen abhängen kann.

[0048] Ist der Unterdruck größer, d. h. der absolute Druck kleiner, wird zwar der Wafer immer noch sicher gehalten, bzw. die Beschleunigungskraft kann 1 g überschreiten, jedoch besteht dann die Gefahr eines Waferbruchs.

[0049] Allgemein ist der zu wählende Druck der Pads der maximal auftretenden Beschleunigung anzupassen, wodurch es vorteilhaft ist, wenn der Druck vorzugsweise steuerbar oder regelbar ist. Ein zu großer Unterdruck sollte vermieden werden. Die Druckanpassung kann dabei sowohl vor dem Start des Bewegungsablaufs als auch während der Bewegung selbst erfolgen. Die maximal zulässige Beschleunigung des Wafers hängt von der Dicke des Wafers und dessen Durchmesser, dem Material und der Art der Waferoberfläche im Auflagebereich ab, also auch davon, ob es sich um einen strukturierten oder unstrukturierten Auflagebereich handelt.

[0050] Werden Wafer mit unstrukturiertem Auflagenbereich gehandhabt, so wird bevorzugt eine Anordnung der Pads bei etwa 2/3 des Wafer-Radius – bezogen auf die Wafermitte – gewählt. Hierdurch wird der Wafer möglichst spannungsfrei unterstützt. Bei strukturierten Auflagenbereichen unterstützen die Pads den Wafer bevorzugt im Randbereich.

[0051] Vorzugsweise weist die erfindungsgemäße Handhabungsvorrichtung für das Objekt mit größerem Gewicht und/oder für das Objekt mit kleinerem Gewicht eine Dreipunkt-Haltervorrichtung auf.

[0052] Wie bereits ausgeführt wurde, sind die Halterungseinrichtungen dabei für die unterschiedlichen und insbesondere unterschiedlich schweren Objekte vorzugsweise unterschiedlich ausgebildet.

[0053] Die Halterungseinrichtungen für die insbesondere bezüglich ihres Gewichts unterschiedlichen Objekte können beide auf einer Seite des Transportarms angeordnet sein. Gemäß einer besonders vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung sind Halterungseinrichtungen jedoch auf beiden Seiten des Transportarms vorgesehen. Dadurch ist es möglich, die zu handhabenden Objekte während des Handhabungsvorgangs je nach den gegebenen Voraussetzungen auf der Oberseite oder auf der Unterseite des Transportarms zu halten. Dabei ist es gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung besonders vorteilhaft, wenn auf einer Seite des Transportarms Halterungseinrichtungen für das Objekt mit größerem Gewicht und auf seiner anderen Seite Halterungseinrichtungen für das Objekt mit kleinerem Gewicht vorgesehen sind. Die eine Seite, beispielsweise die Oberseite weist eine erste Halterungs- bzw. Padstruktur oder Halteflächenstruktur beispielsweise zum Halten von Behältnissen auf, während auf der Unterseite des Transportarms eine zweite Halterungs- bzw. Padstruktur z. B. zum Halten des Wafers ausgebildet ist. Beispielsweise wird der Wafer von unten und das Behältnis von oben gehalten oder umgekehrt. Bei einer derartigen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Handhabungsvorrichtung ist es auch möglich, auf eine Unterdrucksteuerung zu verzichten und beide Halterungs-

einrichtungen mit gleichem Unterdruck zu betreiben, weil die Haltekräfte durch die unterschiedlichen Padstrukturen, insbesondere die unterschiedlichen Flächenverhältnisse, bestimmt oder mitbestimmt werden. Zusätzlich können sich die Reibungskoeffizienten der Auflageflächen von oben und unten unterscheiden.

[0054] Eine weitere sehr vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung besteht darin, dass der Transportarm um 180° bezüglich seiner Längsachse drehbar ist. Dadurch kann die Seite mit der einem entsprechenden Objekt angepaßten Halterungseinrichtung nach oben oder nach unten gedreht werden.

[0055] Gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung sind wenigstens zwei Transportarme vorgesehen, von denen wenigstens einer zum Halten von einem Objekt mit größerem Gewicht und wenigstens ein weiterer zum Halten eines Objekts mit geringerem Gewicht vorgesehen ist. Auf diese Weise sind die Halterungseinrichtungen getrennt voneinander für die jeweiligen unterschiedlichen Objekte auf jeweils eigenen Transportarmen ausgebildet.

[0056] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist die Unterdruck-Steuereinrichtung in Abhängigkeit von einem vorgegebenen Programmablauf ansteuerbar. Alternativ oder zusätzlich zu dieser Möglichkeit ist es besonders vorteilhaft, wenn ein das Gewicht des zu handhabenden Objekts messender Sensor, beispielsweise ein Dehnungsmeßstreifen, vorgesehen ist. Das Ergebnis dieser Gewichtsmessung, also das Ausgangssignal des Sensors wird danach zur Ansteuerung der Unterdruck-Steuereinrichtung herangezogen. Der Sensor kann dabei direkt am Transportarm vorgesehen sein, es ist jedoch auch möglich, das Objekt, dessen Gewicht ermittelt werden soll, zuerst leicht anzuheben, wobei der Haltedruck zum Halten des Objekts als Maß für das Objektgewicht ermittelt wird. Durch Bestimmen seines individuellen Gewichts wird das Objekt während der Bewegung sicher gehalten. Mit diesem individuellen Haltedruck wird dann das Objekt bewegt. Neben dem reinen Haltedruck ist es auch möglich, die maximale Beschleunigung, eine Auswahl einer zuvor festgelegten Trajektorie des Objekts, die Geschwindigkeit oder andere Bewegungsparameter auszuwählen oder einzustellen. Hierdurch lassen sich auch sogenannte Randgreifer steuern, die das Objekt, beispielsweise einen Wafer oder eine Box, am Rand greifen und am Rand fixierten um eine örtliche Festlegung des Objekts bezüglich der Handhabungsvorrichtung zu erreichen. Ein solches Festhalten kann z. B. mechanisch erfolgen, womit der Begriff "Haltedruck" auch im Sinne eines mechanischen Anpreßdrucks mechanischer Teile der Handhabungsvorrichtung an das Objekt zu verstehen ist.

[0057] Die vorliegende Erfindung wird nachfolgend anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele der Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

[0058] Fig. 1 eine schematische Schnittdarstellung durch eine Schnellheizanlage;

[0059] Fig. 2a) und 2b) einen Träger zur Aufnahme von sieben Wafers in Aufsicht und im Querschnitt entlang der in Fig. 2a) eingezeichneten Schnittlinie;

[0060] Fig. 3a) bis 3f) verschiedene Ausführungsformen der Abdeckung von Ausnehmungen im Träger;

[0061] Fig. 4 zwei Darstellungen alternativer Kombinationen von Ausnehmung mit Wafer und Abdeckung;

[0062] Fig. 5 verschiedene Ausführungsformen für Ausnehmungen;

[0063] Fig. 6 Mechanismus zur Be- und Entladung des Trägers;

[0064] Fig. 7 eine schematische Darstellung eines Transportarms einer erfindungsgemäßen Handhabungsvorrichtung.

tung in Aufsicht;

[0065] Fig. 8 eine Seitenansicht des in Fig. 7 dargestellten Transportarms;

[0066] Fig. 9 die schematische Darstellung einer Ausführungsform einer Unterdruck-Steuereinrichtung;

[0067] Fig. 10a und 10b eine schematische Darstellung eines um seine Längsachse drehbaren Transportarms in Ansicht von oben und unten.

[0068] Fig. 1 zeigt schematisch eine typische Anlage 1 zur schnellen thermischen Behandlung von Objekten, vorzugsweise scheibenförmigen Halbleiterwafern 2. Der Wafer 2 ist auf einer Haltevorrichtung 3 abgelegt, bei der es sich beispielsweise um stiftförmige Stützelemente oder eine Vorrichtung handeln kann, auf der der Wafer umfänglich aufliegt oder eine Waferhalterung anderer Art. Wafer 2 samt Haltevorrichtung 3 sind im Inneren einer Prozeßkammer 4 angeordnet. Bei der Prozeßkammer 4 handelt es sich um eine lichtdurchlässige Kammer, die vorzugsweise wenigstens abschnittsweise aus transparentem Quarz gefertigt ist. Nicht eingezeichnet sind Zu- und Abflüsse für Prozeßgase, durch die eine für den Prozeß geeignete Gasatmosphäre hergestellt werden kann. Oberhalb und/oder unterhalb und/oder seitlich – letzte hier nicht eingezeichnet – der Prozeßkammer 4 sind Lampenbänke 5 und 6 angebracht. Es handelt sich dabei bevorzugt um eine Vielzahl parallel angeordneter stabförmiger Wolfram-Halogenlampen, es können aber auch andere Lampen verwendet werden. Alternative Ausführungsformen der Kammer verzichten entweder auf die obere Lampenbank 5 oder auf die untere Lampenbank 6 und/oder die seitlich angeordneten Lampen. Mittels der von den Lampen emittierten elektromagnetischen Strahlung wird das Objekt 2, beispielsweise ein Wafer, geheizt. Die gesamte Anordnung kann von einer äußeren Ofenkammer 7 umschlossen werden, deren Wände von Innen wenigstens abschnittsweise verspiegelt sein können und die bevorzugt aus einem Metall wie Stahl oder Aluminium gefertigt sein kann. Schließlich ist noch eine Meßvorrichtung vorhanden, die bevorzugt aus zwei berührungslosen Meßgeräten 8 und 9 besteht. Vorzugsweise handelt es sich bei den Meßgeräten 8 und 9 um zwei Pyrometer, es können aber auch CCD-Zellen – oder andere Geräte zur Registrierung von Strahlung verwendet werden.

[0069] Um in einer solche Anlage Verbindungshalbleiter erfolgreich thermisch behandeln zu können, müssen diese in einem Behältnis eingeschlossen werden um einem Zersetzen des Halbleitermaterials entgegenzuwirken. In Fig. 2a) ist ein bevorzugter runder scheibenförmiger Träger 10 in Draufsicht dargestellt. Fig. 2b) zeigt einen Querschnitt durch den Träger 10 entlang der gestrichelten Linie in Fig. 2a).

[0070] Der Träger 10 verfügt über mehrere kreisförmige Ausnehmungen 11 bis 17 gleichen Durchmessers auf einer oberen Scheibenfläche 18 zur Aufnahme von jeweils einem Wafer. Es sind aber auch unterschiedliche Durchmesser für die Ausnehmungen möglich. Dabei ist eine Ausnehmung 12 mittig zum Träger 10 angeordnet, während die übrigen sechs Ausnehmungen 11, 13, 14, 15, 16 und 17 die mittige Ausnehmung 12 auf einem zur mittigen Ausnehmung 12 und zum Trägerrand konzentrischen Kreis umgeben. Vorzugsweise beträgt der Durchmesser des Trägers 10 200 mm und der Durchmesser der gleich großen Ausnehmungen 52 mm.

[0071] Vorzugsweise ist der Träger 10 aus Graphit, Saphir, Quarz, Bornitrid, Aluminiumnitrid, Silicium, Siliciumcarbid, Siliciumnitrid, Keramik oder Metall gefertigt. Vorteilhafterweise ist die Oberseite 18 als auch die Unterseite 19 des Trägers glasperlenfeingestrahlt, um eine optischen Homogenität auf der Oberseite 18 und der Unterseite 19 zu gewährleisten.

[0072] Um geschlossene Behältnisse für die in den Ausnehmungen 11 bis 17 deponierten Wafern 3 zu erhalten, werden diese mit wenigstens einer Abdeckung versehen, die ebenfalls glasperlenfeingestrahlt sein kann. In Fig. 3a) sind alle Ausnehmungen 11 bis 17 mit den darin enthaltenen Wafern mittels einer großen Abdeckung 20 überdeckt. Bei einer in Fig. 3b) gezeigten anderen bevorzugten Form der Abdeckung sind die Ausnehmungen 11 bis 17 individuell mit Abdeckungen 21 bis 27 versehen. In Fig. 3c) sind die Ausnehmungen 14 und 13 von der Abdeckung 28, die Ausnehmungen 11 und 17 von der Abdeckung 29 und die Ausnehmungen 15, 12 und 16 von der Abdeckung 30 überdeckt. Fig. 3d) zeigt eine alternative Form der Abdeckung, bei der eine der Abdeckungen beliebig viele Ausnehmungen gleichzeitig, jedoch mehr als eine und nicht alle, abdeckt. Hier werden die Ausnehmungen 15, 12, 16, 11 und 17 von der Abdeckung 31 überdeckt und die Ausnehmungen 14 und 13 von der Abdeckung 28. In Fig. 3e) ist eine Abdeckung für mehrere Ausnehmungen mit individuellen Abdeckungen kombiniert, indem die Ausnehmungen 15, 12 und 16 von der Abdeckung 30 abgedeckt werden, während die Ausnehmungen 14, 13, 11 und 17 von den entsprechenden Abdeckungen 24, 23, 21 und 27 abgedeckt sind. Fig. 3f) schließlich zeigt eine Kombination aus individuellen Abdeckungen, Abdeckungen für mehrere Ausnehmungen und nicht abgedeckten Ausnehmungen. So sind wie in Fig. 3e) die Ausnehmungen 15, 12 und 16 von einer Abdeckung 30, die Ausnehmungen 14 und 13 von den entsprechenden individuellen Abdeckungen 24 und 25 abgedeckt, während die Ausnehmungen 11 und 17 unbedeckt bleiben. Ganz allgemein können Abdeckungen für beliebig viele Ausnehmungen mit individuellen Abdeckungen sowie nicht abgedeckten Ausnehmungen in beliebiger Weise miteinander kombiniert werden.

[0073] Die Abdeckungen sind nicht auf eine Oberfläche 18 des Trägers 10 beschränkt und können seitlich über den Träger 10 hinausragen.

[0074] Ebenso wie der Träger 10 kann wenigstens eine der in den Fig. 3 gezeigten Abdeckungen aus Graphit, Saphir, Quarz, Bornitrid, Aluminiumnitrid, Silicium, Siliciumcarbid, Siliciumnitrid, Keramik oder Metall gefertigt sein. Es können aber auch sowohl der Träger 10 als auch wenigstens eine der Abdeckungen aus den genannten Materialien bestehen.

[0075] Vorteilhaft wählt man für RTP-Prozesse Träger 10 mit wenigstens einer Abdeckung, die eine niedrige spezifische Wärmekapazität des Trägers und/oder wenigstens einer Abdeckung aufweisen. Vorzugsweise liegt die Wärmekapazität zwischen 0,8 J/gK und 0,2 J/gK. Aus diesem Grund sollte der Träger 10 über eine möglichst geringe Dicke verfügen, die 5 mm nicht übersteigt. Bevorzugt wird eine Trägerdicke von bis zu 3 mm.

[0076] Ebenso sind Träger 10 mit wenigstens einer Abdeckung von Vorteil, bei denen der Träger 10 und/oder wenigstens eine der Abdeckungen eine hohe Wärmeleitfähigkeit aufweisen. Vorzugsweise befindet sich die Wärmeleitfähigkeit zwischen 10 W/mK und 180 W/mK.

[0077] Die Abdeckungen können wie die in Fig. 4a) gezeigte Abdeckung 33 auf dem Träger 10 abgelegt werden und die Ausnehmung 32 mit dem darin befindlichen Wafer 2 abdecken. Vorteilhafterweise verfügt die Abdeckung 33 über noppenförmige Ausbildungen 34 oder ähnliche entsprechende Vorrichtungen, die sich paßgenau in entsprechende Mulden 35 auf der Oberfläche 18 des Trägers 10 fügen und die Abdeckung 33 fixieren, um ein Verrutschen zu verhindern. Es kann aber auch auf solche Vorrichtungen verzichtet werden.

[0078] Bevorzugt wird eine Ausführung, bei der die Aus-

nehmung 32 wie in Fig. 4b) gezeigt über eine sie kranzförmig umgebende Vertiefung 36 verfügt, in die sich die Abdeckung 33 fügt. Vorteilhafterweise ist die Tiefe der Vertiefung 36 so groß wie die Dicke der Abdeckung 33 um bündig mit der oberen Fläche 18 abzuschließen und eine ebene Oberfläche des Trägers 10 zu gewährleisten. Vorteilhafterweise sind wenigstens Teile des Trägers 10 oder Teile einer der Abdeckungen 20 bis 31 oder Teile des Trägers 10 und Teile wenigstens einer der Abdeckungen 20 bis 31 beschichtet. So kann es beispielsweise von Vorteil sein, eine Innenfläche einer oder aller Ausnehmungen 11 bis 16 sowie eine die Ausnehmung abdeckende Fläche einer oder mehrerer Abdeckungen 20 bis 31 wenigstens teilweise mit einer bestimmten Schicht zu versehen, die inert ist gegen chemische Vorgänge, die sich beim Prozessieren des Wafers 3 innerhalb der abgedeckten Ausnehmungen 11 bis 16 abspielen, während äußere Flächen des Trägers 10 unbeschichtet bleiben, um gewünschte Absorptionseigenschaften bezüglich der Heizstrahlung aufzuweisen. In anderen Fällen lassen sich beispielsweise lokale optische Eigenschaften von Träger 10 und Abdeckungen 20 bis 31 durch geeignete gebietsweise Beschichtungen der Oberflächen erreichen.

[0079] Entsprechend kann es von Vorteil sein, wenigstens Teile des Trägers 10 oder Teile einer der Abdeckungen 20 bis 31 oder Teile des Trägers 10 und Teile einer der Abdeckungen 20 bis 31 transparent für die Heizstrahlung zu gestalten, indem man diese beispielsweise aus Quarz oder Saphir fertigt. Vorteilhafterweise werden die Abdeckungen 20 bis 31 sowie Teile des Trägers 10, die den Bodenflächen der Ausnehmungen entsprechen, undurchlässig für die Heizstrahlung ausgeführt, während die anderen Teile des Trägers 10 transparent sind.

[0080] In einer bevorzugten Ausführung des Trägers 10 verfügen alle Ausnehmungen 20 bis 31 über eine gleiche Tiefe. Dadurch befinden sich die beladenen Wafer 2 parallel ausgerichtet alle auf einer Ebene und auf gleicher Höhe.

[0081] Es kann manchmal aber auch von Vorteil sein, die Tiefen der Ausnehmungen 20 bis 31 unterschiedlich auszuführen. In diesem Fall liegen die Wafer 2 zwar immer noch parallel, sind aber in der Höhe gegeneinander versetzt und liegen auf verschiedenen Ebenen.

[0082] Vorteilhafterweise wird eine Halterung der Wafer 2 innerhalb wenigstens einer Ausnehmung 11 bis 17 gewählt, bei der ein Kontakt zwischen dem Wafer und dem Boden der Ausnehmung vermieden wird. Wie in Fig. 5a) gezeigt, erreicht man dies vorteilhaft durch innerhalb einer Ausnehmung 32 angeordnete stiftförmige Stützelemente 37, von denen der Wafer 2 aufgenommen wird. Dann lassen sich die Wafer 2 bei gleicher Tiefe der Ausnehmungen aber unterschiedlicher Länge der Stützelemente 37 in jeder Ausnehmung auf unterschiedlich hohen Ebenen anordnen.

[0083] Fig. 5b) zeigt eine andere bevorzugte Möglichkeit, den Wafer 2 so anzuordnen, daß ein Kontakt mit dem Boden der Ausnehmung 32 vermieden wird. Hier wird der Wafer 2 in seinem Randbereich unterstützt, indem die Ausnehmung 32 konisch nach Innen zuläuft. Es wird dadurch ein nach innen abgeschrägter Rand der Ausnehmung 32 erreicht, der eine Randaufgabe des Wafers ermöglicht. Bei einer anderen in Fig. 5c) gezeigten Ausführungsform ist eine Ausnehmung 32 konkav ausgebildet, was wiederum dazu führt, daß der Wafer 2 mit seinem Rand auf dem Rand der Ausnehmung 32 gelagert wird. Je nach Ausformung der konischen und der konkaven Ausnehmungen 32, kann man den Wafer auf unterschiedlichen Höhen ablegen.

[0084] Zum Beladen des Trägers 10 kann ein Greifer verwendet werden, der über eine Ansaugvorrichtung beispielsweise nach dem Bernoulli-Prinzip verfügen kann. Dieser Greifer nimmt die Wafer 2 sukzessive auf und legt sie in die

Ausnehmungen 11 bis 17.

[0085] Bei einer anderen Ausführungsform werden die Wafer 2 auf Stützstiften 38 abgelegt, wie in Fig. 6a) gezeigt ist. Die Stützstifte 38 werden durch Bohrungen 39 geführt, die im Boden einer jeden Ausnehmung 32 vorgesehen sind. Ebenso können die Abdeckungen 33 auf Stützstiften 40 angeordnet sein. Die Stützstifte 40 werden entweder wie in Fig. 6a) dargestellt durch Bohrungen 41 geführt, die den Träger 10 außerhalb der Ausnehmungen 32 durchlaufen, oder aber die Stützstifte 40 verlaufen gänzlich außerhalb des Trägers 10. Vorteilhafterweise sind die Stützstifte 38 für verschiedene Ausnehmungen unterschiedlich hoch ausgebildet, um ein Beladen der vom Greifer abgewandten Ausnehmungen nicht durch die Stützstifte, die zum Beladen der dem Greifer zugewandten Ausnehmungen vorgesehen sind, zu behindern. Aus denselben Gründen können die Stützstifte 40 für die Abdeckungen 33 unterschiedliche Längen aufweisen. Bevorzugt sind die Stützstifte 40 alle höher als die Stützstifte 38.

[0086] Bei einer anderen Ausführungsform wird der Träger 10 zum Beladen um eine vertikale Achse gedreht. Somit kann erreicht werden, daß immer die gerade zu beladende Ausnehmung 32 zum Greifer hinweist.

[0087] Sobald die Wafer 2 auf den Stützstiften 38 und die Abdeckungen 33 auf den Stützstiften 40 abgelegt sind, bewegen sich diese nach unten durch den Träger 10 hindurch, wodurch die Wafer 10 von den Stützstiften 38 und die Abdeckungen 33 von den Stützstiften 40 abgehoben werden. Die Wafer 2 werden dadurch in den ihnen zugeordneten Ausnehmungen abgelegt. Alternativ läßt sich auch der Träger 10 nach oben bewegen.

[0088] Die Beladung des Wafers 10 kann sowohl innerhalb der Prozeßkammer 4 als auch außerhalb der Prozeßkammer 4 erfolgen.

[0089] Der in den Fig. 7 und 8 schematisch dargestellte Transportarm 41 der erfindungsgemäßen Handhabungsvorrichtung, wie sie etwa im Zusammenhang mit dem Handhaben von Wafern und Behältnissen bei thermischen Behandlungsverfahren angewendet wird, weist typischerweise eine Breite b von etwa 35 mm auf, die kleiner als der Durchmesser eines strichliniert dargestellten Objekts, etwa eines Wafers 42 oder eines Behältnisses ist. Dadurch kann der Wafer, der in Kassetten beanstandet von den Nachbarwafern gestapelt und untergebracht ist, aus diesen entnommen und nach dem Prozessieren wieder in sie abgelegt werden. Die Dicke d (vgl. Fig. 8) des Transportarms 41 liegt im Bereich von 1 bis 5 mm und beträgt typischerweise 2 mm. Die Dicke ist so gewählt, dass der Transportarm 41 zwischen zwei benachbart in den Kassetten angeordneten Wafern paßt und damit einen Wafer 42 aus der Kassette nehmen kann. Die Länge des Transportarms 41 ist den Erfordernissen entsprechend gewählt, ebenso sein Querschnitts- und Dickenprofil. Die typische Länge eines Transportarms 41 bei der genannten Anwendungsform liegt zwischen 20 und 70 cm.

[0090] Der Wafer wird gemäß dem in den Fig. 7 und 8 dargestellten Ausführungsbeispiel mit drei Halterungseinrichtungen 43-1, 43-2 und 43-3, auch Pads genannt, gehalten, die in der dargestellten Ausführungsform auch für das Halten eines (nicht dargestellten) Behältnisses vorgesehen sind. Alternativ ist es auch möglich, unterschiedliche Halterungseinrichtungen oder Pads für die Wafer einerseits und das Behältnis andererseits vorzusehen.

[0091] Im Transportarm 41 sind Vakuum- oder Unterdruckleitungen 44 vorgesehen, die die Pads 43-1, 43-2 und 43-3 mit einer Vakuum- oder Unterdruckquelle 45 über eine Verbindungsleitung 46 verbinden. In einer Vakuumleitung 44 zu einem der Pads 43-2 ist ein Unterdruck-Steuerelement 47, etwa ein steuerbares Ventil, vorgesehen.

[0092] Der Transportarm 41 ist über ein Befestigungselement 48 mit nicht dargestellten Bauteilen und Bewegungselementen der Handhabungsvorrichtung verbunden. Im Befestigungselement 48 verlaufen ebenfalls Vakuumleitungen oder Kanäle 49, die mit ihren den Transportarm 41 abgewandten Enden an die Verbindungsleitung 46 angeschlossen sind.

[0093] Wie bereits zuvor im einzelnen ausgeführt wurde, können die Pads 43-1, 43-2 und 43-3 entsprechend den Gegebenheiten angepaßte Formen, Maße und Ausgestaltungen aufweisen, um den zu handhabenden Wafer sowie das zu handhabende Behältnis sicher zu halten.

[0094] Das Unterdruck-Steuerelement 47 ist gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung dafür vorgesehen, an eines der Pads einen gegenüber den übrigen Pads unterschiedlichen Unterdruck anzulegen, wenn dies erforderlich ist.

[0095] Auch können für jedes der Pads jeweils individuelle Unterdruck-Steuerelemente vorgesehen sein. In der Verbindungsleitung 46 ist beispielsweise zwischen dem Transportarm 41 und der Unterdruck- bzw. Vakuumquelle 45 eine Unterdruck-Steuereinrichtung 51 vorgesehen. Ein Ausführungsbeispiel hierfür ist in Fig. 9 schematisch dargestellt. In der Verbindungsleitung 46 zwischen der Unterdruckquelle 45 und den Unterdruckleitungen 44 des Transportarms 41 sind in der Unterdruck-Steuereinrichtung 51 zwei parallele Unterdruckleitungen 52 und 53 vorgesehen, die über einen ersten und einen zweiten Umschalter 54, 55 wahlweise in die Unterdruckleitung 46 geschaltet werden können. Die erste Unterdruckleitung 52 ist dafür vorgesehen, den von der Unterdruckquelle 45 bereitgestellten Unterdruck unverändert an die Unterdruckleitungen 44 des Transportarms 41 weiterzuleiten. Dagegen ist in der zweiten Unterdruckleitung 53 der Unterdruck-Steuereinrichtung 51 ein Unterdruckregler 56 vorgesehen, der den Unterdruck in der zweiten Verbindungsleitung 53 verändert.

[0096] Die Schaltung der Umschalter 54 und 55 erfolgt bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel über einen mit einer Befehls-Software gesteuerten Rechner, der schematisch mit dem Bezugszeichen 57 versehen ist und einer Schnittstelle 58 der Unterdruck-Steuereinrichtung 51 die entsprechenden Programmbefehle bereitstellt, die dann in Form von Steuersignalen über elektrische Leitungen 59 und 60 an die Umschalter 54 und 55 gelangen.

[0097] Statt der Steuerung der Umschalter 54 und 55 mittels eines Programmes ist es auch möglich, die Umschaltung in Abhängigkeit vom Ausgangssignal eines Gewichtssensors zu steuern, der das Gewicht des zu handhabenden Objekts ermittelt.

[0098] Bei einem zu handhabenden Objekt 42, das ein relativ großes Gewicht aufweist, wird ein relativer großer Unterdruck, d. h. ein relativ kleiner absoluter Druck, dadurch an die Halterungseinrichtungen 43-1, 43-2, 43-3 angelegt, in dem die erste Unterdruckleitung 52, die einen Unterdruck-Regler nicht aufweist, mit der in Fig. 9 dargestellten Schaltung der Schalter 54 und 55 mit der Unterdruckquelle 45 verbunden wird. Im Falle der Temperaturbehandlung von Wafern ist dies – wie zuvor im einzelnen beschrieben wurde – ein Behältnis, in dem wenigstens ein Wafer enthalten ist, und das beispielsweise aus Graphit, aus Siliciumcarbid oder Aluminiumnitrid besteht. Ein derartiges Behältnis aus Graphit kann gemäß weiterer Ausführungsformen auch mit den Materialien Siliciumcarbid oder Aluminiumnitrid beschichtet sein. Durch den relativ großen Unterdruck wird das Behältnis sicher und zuverlässig während des Handhabungs- und Transportvorgangs an der Halterungseinrichtung mit den Pads 43-1, 43-2, 43-3 angedrückt und gehalten.

[0099] Wenn dagegen mit derselben Handhabungsvor-

richtung ein Objekt mit kleinerem Gewicht, beispielsweise ein Halbleiterwafer mit einem Gewicht von nur 0,1 bis 20 g, transportiert oder gehandhabt werden soll, werden die Umschalter 54 und 55 in die Stellung umgeschaltet, in der die Pads 43-1, 43-2 und 43-3 über die zweite Verbindungsleitung 53 mit der Unterdruckquelle 45 in Verbindung steht. In dieser zweiten Verbindungsleitung 53 wird der Unterdruck mit dem Unterdruck-Regler 56 verringert, der absolute Druck also erhöht, so dass der Anpreßdruck für den Wafer geringer ist als der für das Behältnis. Dieser Unterdruck ist also an den Wafer angepaßt und so gering, dass die Gefahr eines Bruchs durch einen zu großen Unterdruck an den Pads vermieden wird.

[0100] In Fig. 10a und 10b ist ein Ausführungsbeispiel für einen Transportarm 41 dargestellt, der auf beiden Seiten jeweils eine Halterungseinrichtung aufweist, die sich voneinander beispielsweise hinsichtlich der Anzahl der Pads 61-1, 61-2, 61-3, 62, deren Struktur, Form und/oder Abmessungen unterschiedlich sein können, unterscheiden. Während in Fig. 10a eine Padstruktur dargestellt ist, die im Wesentlichen der des Ausführungsbeispiels gemäß Fig. 7 entspricht und für das Halten von Objekten mit kleinem Gewicht, beispielsweise Wafern vorgesehen ist, weist die andere Seite des Transportarms 41 eine Padstruktur auf, die beispielsweise nur einen relativ großflächigen, runden Pad besitzt, der mit nur einer Unterdruckleitung verbunden ist und beispielsweise für ein Objekt mit größerem Gewicht, beispielsweise für ein Waferbehältnis oder eine Graphitbox vorgesehen ist.

[0101] Wie durch den Drehpfeil 63 angedeutet ist, ist der Transportarm 41 bei diesem Ausführungsbeispiel um seine Achse 64 um 180° drehbar, so dass je nachdem, ob das Objekt mit größerem Gewicht oder das Objekt mit kleinerem Gewicht gehalten und gehandhabt werden soll, eine der beiden Seiten des Transportarms 41 wahlweise verwendbar sind.

[0102] Wenn die Handhabungsvorrichtung in der Halbleiterindustrie eingesetzt wird, sollte dessen Material und insbesondere das Material des Transportarms 41 für diesen Anwendungszweck tauglich sein und vorzugsweise aus Saphir, Keramik und/oder Quarz oder einer Kombination aus diesen Materialien bestehen. Diese Materialien haben weiterhin den Vorteil, dass die Be- und Entladung einer Prozeßkammer bei Temperaturen bis zum 700°C erfolgen kann. Saphir und Keramik haben aufgrund des hohen Elastizitätsmoduls ferner den weiteren Vorteil einer hohen Steifigkeit, d. h. der Transportarm 41 biegt sich selbst bei Auflagen eines Behältnisses mit einem Gewicht von 200 g wenn überhaupt, nur wenig durch. Die Oberflächen des Transportarms 41 sollten möglichst glatt sein. Dies und eine möglichst einstückige Ausbildung des Transportarms 41 erleichtert das Reinigen und verringert einen möglichen Partikeltransport in die Prozeßkammer.

[0103] Obwohl die Erfindung anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele beschrieben wurde, ist sie nicht auf die konkreten Ausführungsbeispiele beschränkt. Beispielsweise kann der Träger 10 von eckiger Form sein. Ebenso können die Ausnehmungen eine eckige Form aufweisen. Zudem ist die Anzahl der Ausnehmungen nicht auf sieben beschränkt. Auch können bei Trägern mit runden Ausnehmungen die Durchmesser der Ausnehmungen von 52 mm verschieden sein, um auch Wafer von 100 mm oder 150 mm aufnehmen zu können. Ein Träger kann beispielsweise auch über unterschiedlich dimensionierte Ausnehmungen verfügen. Darüber hinaus können einzelne Merkmale der oben beschriebenen Ausführungsformen in jeder kompatiblen Art und Weise ausgetauscht oder miteinander kombiniert werden.

[0104] Auch die erfindungsgemäße Handhabungsvorrich-

tung ist nicht auf die Merkmale und Ausführungsform der beschriebenen Ausführungsbeispiele beschränkt. Beispielsweise ist es auch möglich, die Objekte, etwa die Wafer oder Behältnisse dadurch an den Halterungseinrichtungen zu halten, dass das Ansaugen über den Bernoulli-Effekt erfolgt, also in dem die Halterungseinrichtungen bzw. die Pads mit Überdruck beaufschlagt werden, so dass sich eine Bernoulli-Wirkung ergibt. In diesem Falle müssen Beschleunigungskräfte in horizontaler Richtung mittels zusätzlicher Hilfsmittel vorgesehen werden, die z. B. Randbegrenzungen sein können, mit denen die Objekte relativ zum Transportarm 41 fixierbar sind.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Aufnahme von scheibenförmigen Objekten, vorzugsweise Halbleiterwafern zu deren thermischer Behandlung, **gekennzeichnet durch** einen Träger mit wenigstens zwei Ausnehmungen zur Aufnahme jeweils eines Objekts.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **gekennzeichnet** durch wenigstens eine Abdeckung zum Abdecken wenigstens einer Ausnehmung.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Träger und/oder wenigstens eine der Abdeckungen aus Graphit, Saphir, Quarz, Bornitrid, Aluminiumnitrid, Silicium, Siliciumcarbid, Siliciumnitrid, Keramik, und/oder Metall besteht.
4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Träger und/oder die Abdeckungen eine Wärmekapazität zwischen 0,2 J/gK und 0,8 J/gK aufweist bzw. aufweisen.
5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Träger und/oder die Abdeckungen eine Wärmekapazität zwischen 10 W/mK und 180 W/mK aufweist bzw. aufweisen.
6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens Teile des Trägers und/oder der Abdeckungen beschichtet sind.
7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Träger und/oder die Abdeckungen wenigstens in Teilbereichen transparent ist bzw. sind.
8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in den einzelnen Ausnehmungen voneinander unterschiedliche Gas-Atmosphären vorgesehen sind.
9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Objekte in einer Ebene angeordnet sind.
10. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Objekte in wenigstens zwei zueinander parallelen und voneinander beabstandeten Ebenen angeordnet sind.
11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens zwei Ausnehmungen unterschiedlich tief sind.
12. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens ein Objekt flächig auf einer Bodenfläche der Ausnehmung aufliegt.
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens ein Objekt von der Bodenfläche der Ausnehmung beabstandet angeordnet ist.
14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens ein Objekt auf Stützelemen-

ten aufliegt.

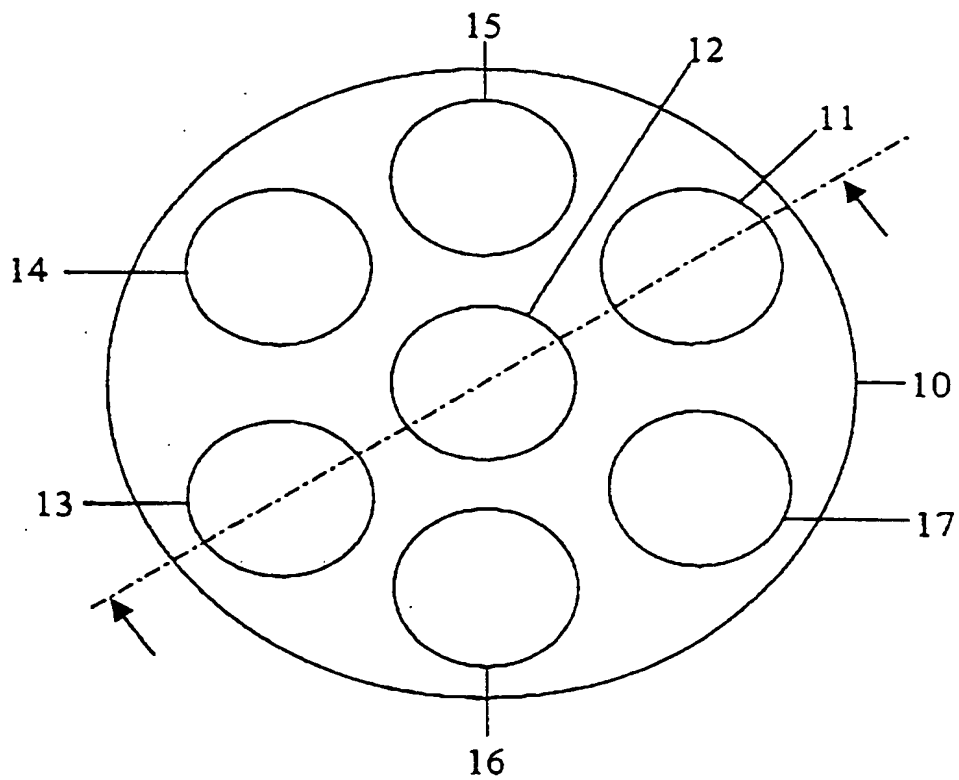
15. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens ein Objekt in seinem Randbereich aufliegt.
16. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eine Ausnehmung wenigstens in ihrem äußeren Bereich konusförmig ausgebildet ist.
17. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eine Ausnehmung konkav ausgebildet ist.
18. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens zwei Ausnehmungen unterschiedliche Abmessungen aufweisen.
19. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens zwei der Objekte unterschiedliche Abmessungen aufweisen.
20. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Objekte Verbindungshalbleiter sind.
21. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens zwei der Objekte unterschiedliche Materialien aufweisen.
22. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Objekte wenigstens teilweise beschichtet sind.
23. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Objektmaterial inhomogen ist.
24. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch Stützstifte zum Beladen des Trägers mit Objekten und/oder Abdeckungen.
25. Vorrichtung nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß die Stützstifte durch den Träger hindurchragen.
26. Vorrichtung nach Anspruch 24 oder 25, dadurch gekennzeichnet, daß die Stützstifte unterschiedlich hoch sind.
27. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 24 bis 26, dadurch gekennzeichnet, daß die Stützstifte für die Abdeckungen höher sind als für die Objekte.
28. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 24 bis 27, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens ein Stützstift für die Abdeckungen außerhalb des Trägers vorgesehen ist.
29. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 24 bis 28, dadurch gekennzeichnet, daß der Träger und die Stützstifte relativ zueinander in vertikaler Richtung bewegbar sind.
30. Vorrichtung nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, daß die Stützstifte zur Ablage der Objekte in den Ausnehmungen und/oder zur Ablage der Abdeckungen auf dem Träger vertikal nach unten bewegbar sind.
31. Vorrichtung nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, daß die Stützstifte zum Abheben der Objekte aus den Ausnehmungen und/oder zum Abheben der Abdeckungen vom Träger vertikal nach oben bewegbar sind.
32. Vorrichtung nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, daß der Träger vertikal bewegbar ist.
33. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch einen Greifer mit Ansaugvorrichtungen zum Ablegen der Objekte in die Ausnehmungen und/oder auf die Stützstifte, und/oder zum Abnehmen der Objekte aus den Ausnehmungen und/oder von den Stützstiften.

34. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine Drehvorrichtung zum Drehen des Trägers um eine vertikale Achse.
35. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Träger innerhalb einer Prozeßkammer beladbar ist. 5
36. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Träger außerhalb der Prozeßkammer beladbar ist.
37. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine automatische Be- und Entlade-Einrichtung. 10
38. Handhabungsvorrichtung mit wenigstens einem Transportarm, der wenigstens eine Halterungseinrichtung zum Halten von wenigstens einem zu handhabenden Objekt mittels Unterdruck aufweist, gekennzeichnet durch eine Unterdruck-Steuereinrichtung zur Veränderung des Unterdrucks in Abhängigkeit vom Gewicht des Objekts. 15
39. Handhabungsvorrichtung nach Anspruch 38, dadurch gekennzeichnet, dass die Unterdruck-Steuereinrichtung eine Unterdruck-Quelle und Unterdruck-Umschalteneinrichtungen umfaßt. 20
40. Handhabungsvorrichtung nach Anspruch 38 oder 39, dadurch gekennzeichnet, dass die Unterdruck-Umschalteneinrichtung Schalter zum Umschalten zwischen Leitungen mit und ohne Unterdruck-Regler aufweist. 25
41. Handhabungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 38 bis 40, dadurch gekennzeichnet, dass die Unterdruck-Steuereinrichtung wenigstens zwei getrennte Unterdruck-Systeme aufweist. 30
42. Handhabungsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Unterdruck-Verhältnis für die unterschiedliche Gewichte aufweisenden, zu handhabenden Objekte in einem Bereich von 10 von 10.000 liegt. 35
43. Handhabungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 38 bis 42, dadurch gekennzeichnet, dass ein Objekt mit kleinerem Gewicht ein Halbleiterwafer und ein Objekt mit größerem Gewicht ein Halbleiterwafer-Behälter ist. 40
44. Handhabungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 38 bis 43, dadurch gekennzeichnet, dass die Halterungseinrichtung an für die unterschiedlichen Objekte unterschiedlich ausgebildet sind. 45
45. Handhabungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 38 bis 44, dadurch gekennzeichnet, dass eine Dreipunkt-Halterungseinrichtung vorgesehen ist.
46. Handhabungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 38 bis 45, dadurch gekennzeichnet, dass Halterungseinrichtungen auf beiden Seiten des Transportarms vorgesehen sind. 50
47. Handhabungsvorrichtung nach Anspruch 38 bis 46, dadurch gekennzeichnet, dass eine Seite des Transportarms Halterungseinrichtungen für das Objekt mit größerem Gewicht und seine andere Seite Halterungseinrichtungen für das Objekt mit kleinerem Gewicht aufweist. 55
48. Handhabungsvorrichtung nach Anspruch 46 oder 47, dadurch gekennzeichnet, dass der Transportarm um 180° bezüglich seiner Längsachse drehbar ist. 60
49. Handhabungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 38 bis 48, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens zwei Transportarme vorgesehen sind, von denen wenigstens einer zum Halten von Objekten mit größerem Gewicht und wenigstens ein weiterer zum Halten von Objekten mit geringerem Gewicht vorgesehen ist. 65
50. Handhabungsvorrichtung nach einem der Ansprüche

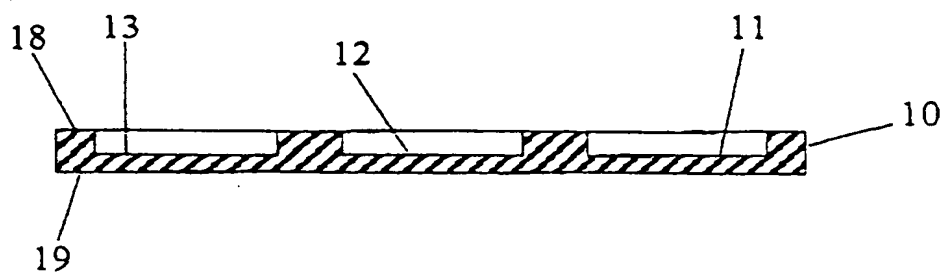
che 38 bis 49, dadurch gekennzeichnet, dass die Unterdruck-Steuereinrichtung in Abhängigkeit von einem vorgegebenen Programmablauf ansteuerbar ist.

51. Handhabungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 38 bis 50, gekennzeichnet durch einen das Gewicht des zu handhabenden Objekts messenden Sensor, mit dessen Ausgangssignal als die Unterdruck-Steuereinrichtung ansteuerbar ist.

Hierzu 8 Seite(n) Zeichnungen



a)



b)

Fig. 2

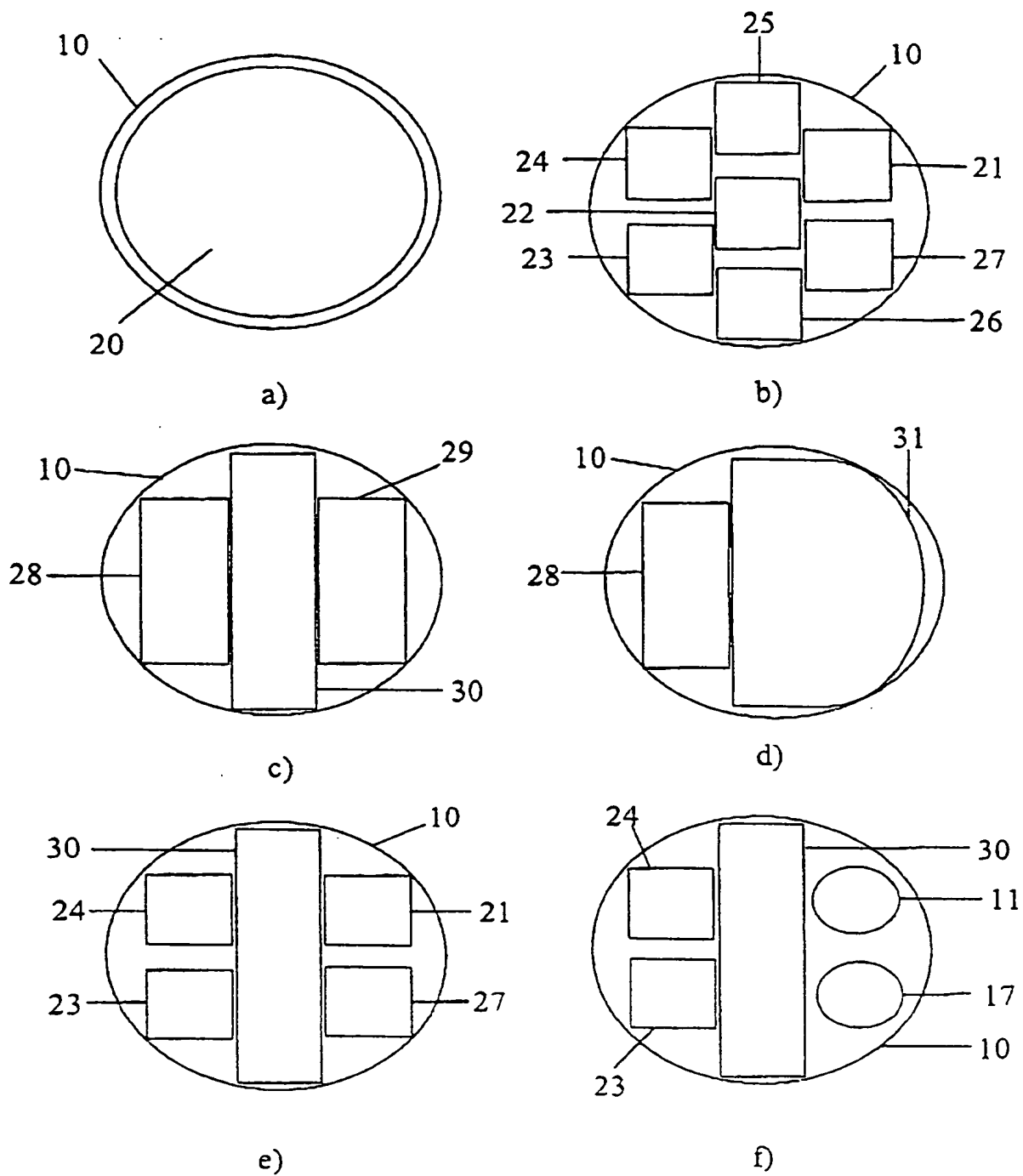
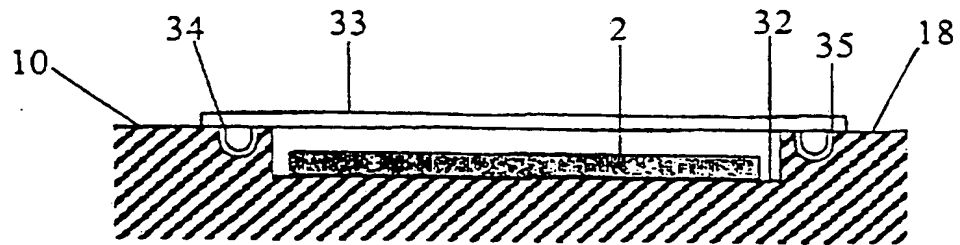
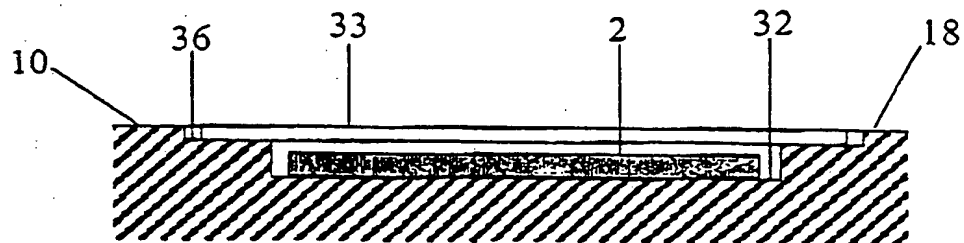


Fig. 3

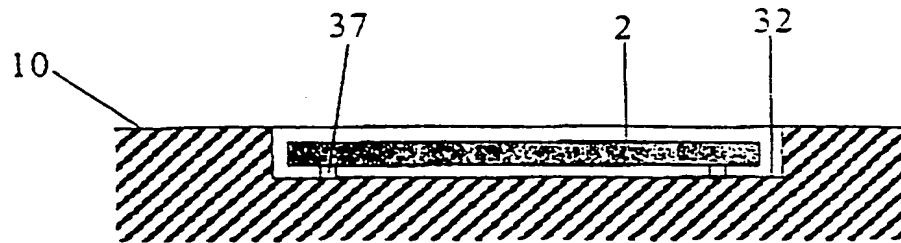


a)

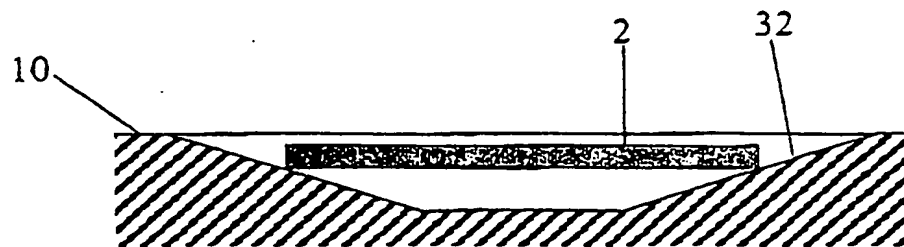


b)

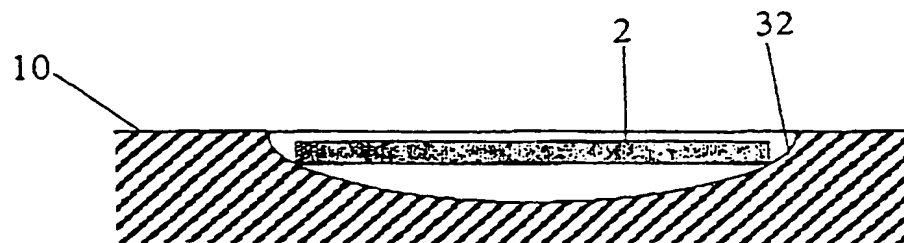
Fig. 4



a)

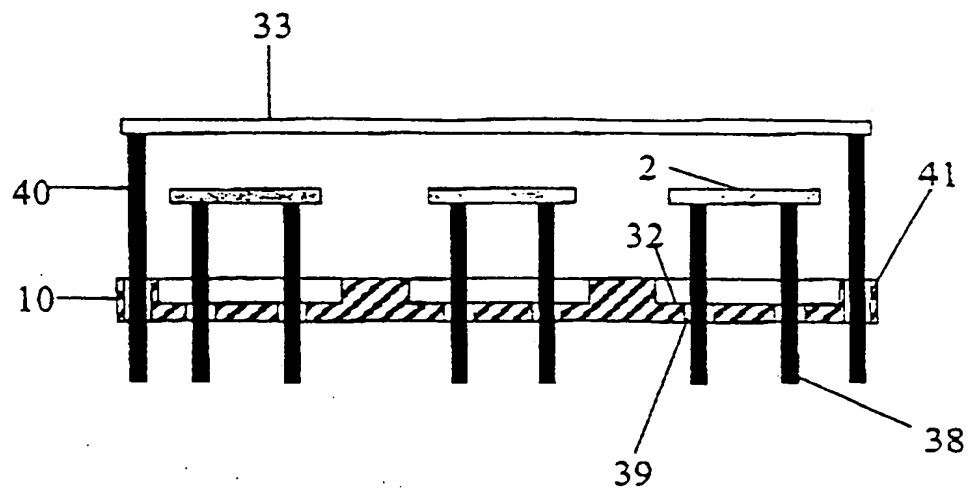


b)

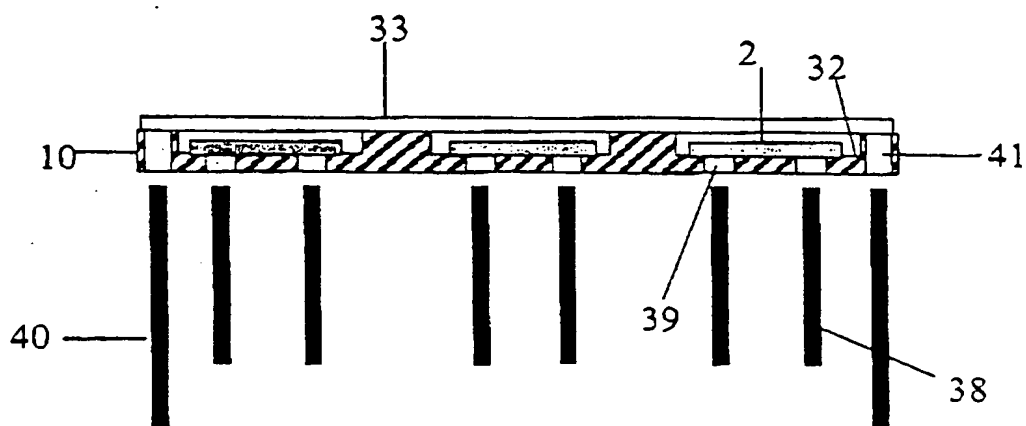


c)

Fig. 5



a)



b)

Fig. 6

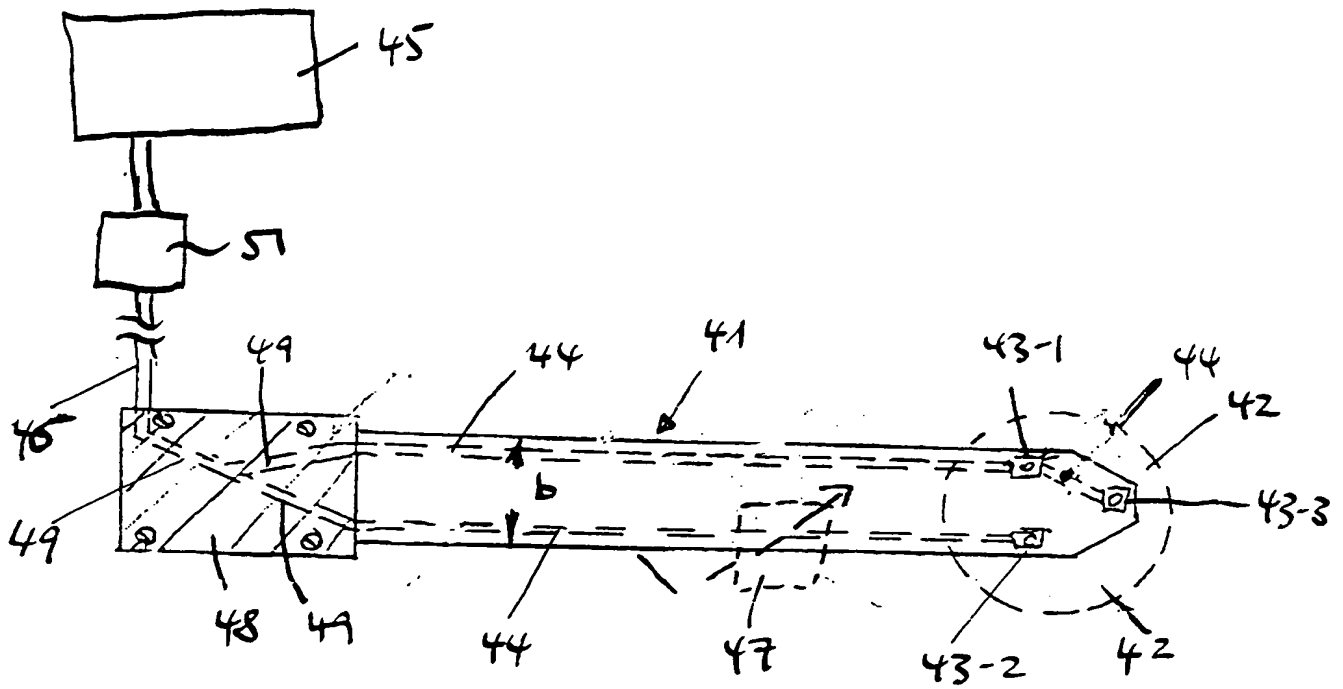


Fig. 7

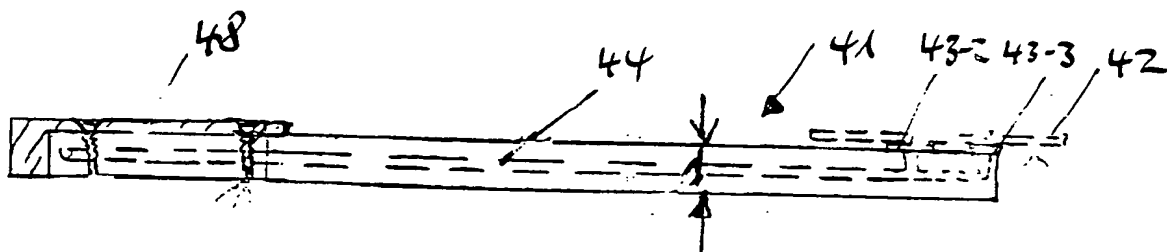


Fig. 8

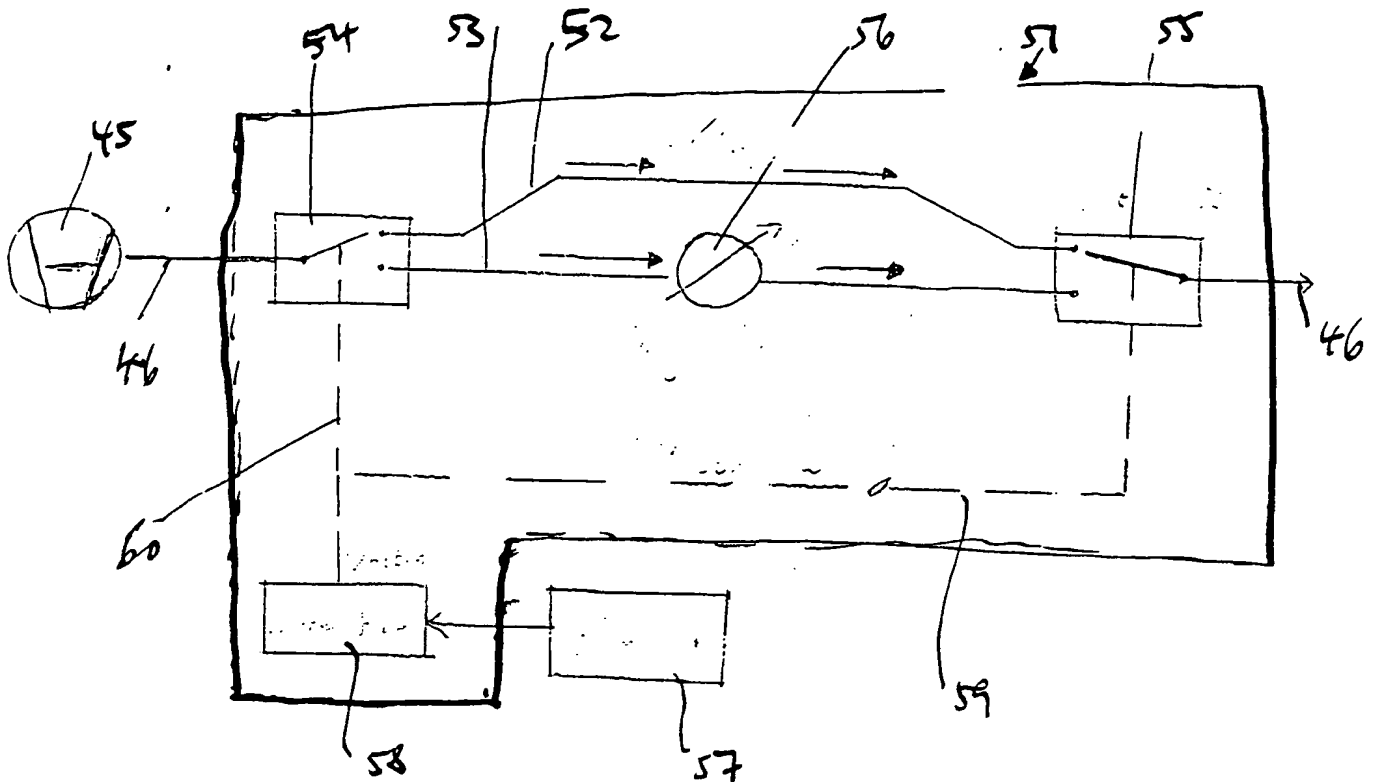


Fig. 9

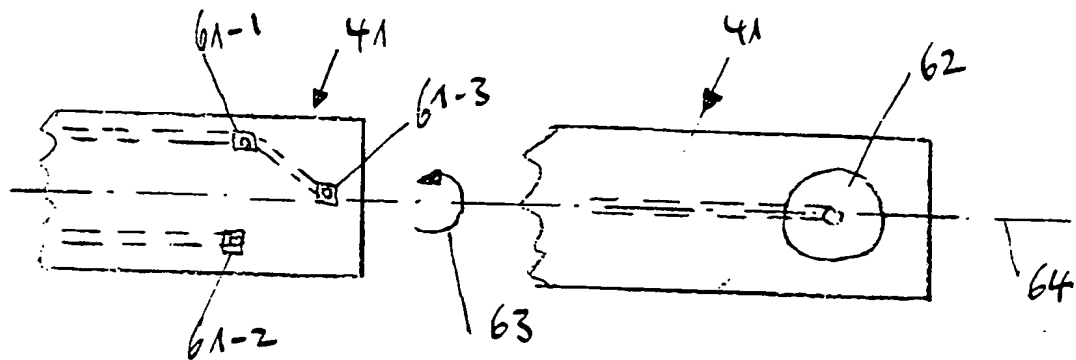


Fig. 10a

Fig. 10b

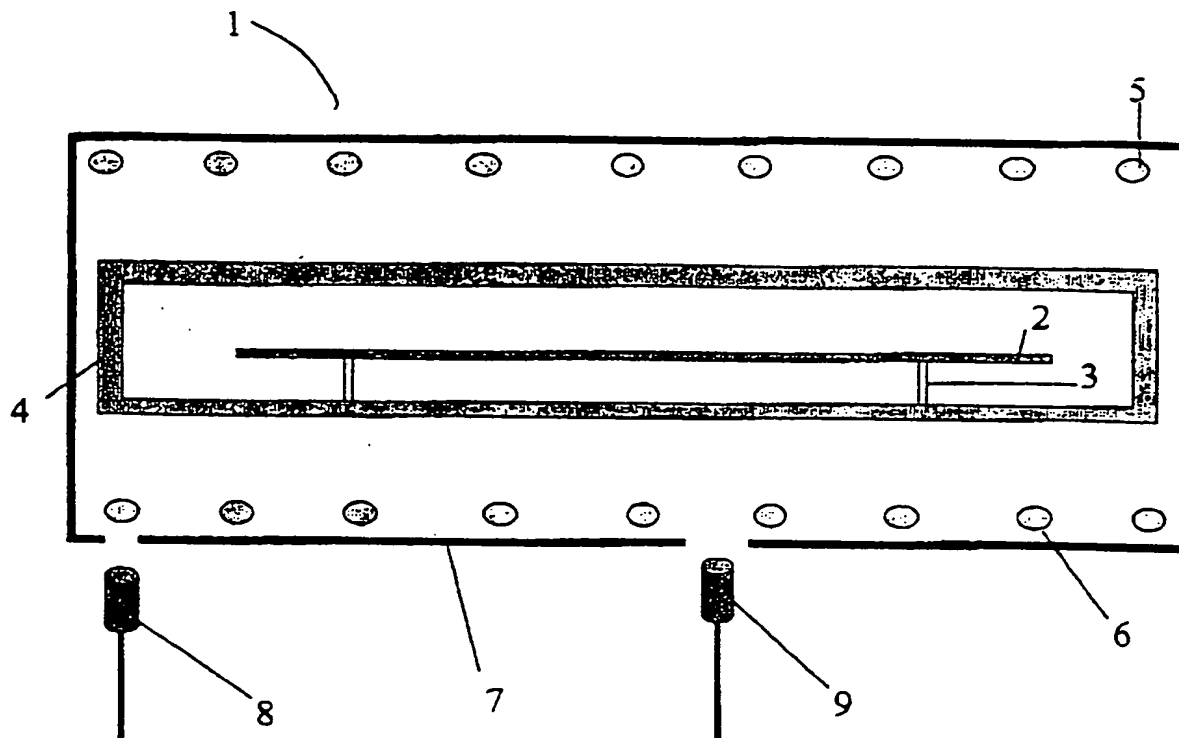


Fig. 1